Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

S C C S | **C S A S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2003/116 | **Research Document 2003/116**

Ne pas citer sans autorisation des auteurs * | Not to be cited without permission of the authors *

Développement d'un indice de PUE standardisé dans la pêche au crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent.

Standardized CPUE index development for the estuary and northern gulf of St. Lawrence snow crab.

Hugo Bourdages et / *and* Réjean Dufour

Direction des sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

Science Branch
Department of Fisheries and Oceans
Maurice Lamontagne Institute
850, route de la Mer
Mont-Joli, Quebec
G5H 3Z4

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

This document is available on the Internet at:

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848 (Imprimé)
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2003
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2003

Canada

104-05095/

RÉSUMÉ

Les taux de capture (PUE) de la pêche commerciale aux crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) de l'estuaire et du nord du golfe Saint-Laurent ont été standardisés. La standardisation s'est faite en deux étapes. La première étape consistait à modéliser la relation entre la PUE et la durée d'immersion et ainsi estimer un pouvoir de pêche relatif pour chaque activité. Dans la seconde étape, les PUE corrigées pour la durée d'immersion ont été analysées au moyen d'un modèle multiplicatif. Ces étapes de standardisation ont permis d'obtenir des indices chronologiques standardisés du taux de capture pour les cinq zones traditionnels de pêche. Ces indices tiennent comptent de la variabilité engendrée par des changements à long terme du type de casier utilisé et de leur temps d'immersion, et de la période et de la durée de pêche.

ABSTRACT

The catch rates (CPUE) for the Estuary and northern Gulf of St. Lawrence snow crab (*Chionoecetes opilio*) commercial fishery were standardized. The standardization process evolved in two stages. In the first stage, the relation between CPUEs and soak time was modelized, and a relative fishing capacity for each activity was estimated. In the second stage, CPUEs corrected for soak time were analyzed using a multiplicative model. This process allowed for the production of standardized chronological catch rate indices for the five traditional areas of fishery. These indices consider the variability induced by long-term changes in the type of traps used and their soak time, as well as by the period and duration of the fishing season.

INTRODUCTION

Depuis le début de la pêche commerciale au crabe des neiges dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent, le casier le plus utilisé est de type japonais avec 4 pieds de diamètre à la base (Japonais 4'). Toutefois, depuis quelques années, les pêcheurs utilisent de plus en plus des casiers coniques de 6 pieds de diamètre à la base (Conique 6'). Son utilisation a débuté dans les zones les plus à l'ouest du territoire (zones 17 et 16) en 1994 et s'est propagée lentement vers l'est depuis (Figure 1). Par le passé, l'estimation des taux de capture ou prises par unité d'effort (PUE), comme indice d'abondance pour des fins d'évaluation de stock, était faite à partir des casiers japonais. Cette modification graduelle dans la pratique de pêche depuis 1994 a réduit considérablement les données disponibles pour le calcul des PUE basé seulement sur les données provenant des casiers japonais. À titre d'exemple, les débarquements récents effectués à partir des casiers coniques dans les zones 16 et 17 ont été supérieurs à ceux faits à partir des casiers japonais. La période de pêche (date de début et de fin, durée) a elle aussi varié considérablement depuis le début des années 1980, période où la pêche a réellement pris son essor.

Étant donnée que la puissance de pêche risque d'être affectée par la dimension des casiers et que la capturabilité risque d'être différente selon la date ou la période de pêche considérée, on doit donc trouver une façon de normaliser l'unité d'effort de pêche qui a changé grandement depuis 10 ans. De plus, la comparaison des indices entre les années doit s'appuyer sur des bases similaires sinon, les variations dans les

INTRODUCTION

The 4-feet diameter base Japanese trap (4' Japanese) has been the main fishing gear used since the beginning of snow crab commercial fishery in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence. However, for a few years, fishermen have increasingly used 6-feet diameter base conical traps (6' conical). This trap was first deployed in the westernmost areas of the territory (areas 17 and 16) in 1994, and its use expanded slowly towards the east since (Figure 1). In the past, catch rate, or catches per unit of effort (CPUE), estimates were derived from Japanese trap as an abundance index for stock assessment purpose. However, this gradual shift in fishery practices since 1994 considerably reduced the data available to calculate a CPUE based only on the data from Japanese traps. For instance, the landings recently made with conical traps in areas 16 and 17 were higher than those made with Japanese traps. The fishing period (beginning and end dates, duration) also varied considerably since the beginning of the 1980s, period where this fishery really expanded.

As the fishing capacity is likely to be affected by the trap dimensions, and as catchability differs according to the date or the fishing period, it is thus necessary to find a way to standardize the unit of fishing effort, which has significantly changed since 10 years. It is necessary to make index comparisons from year to year on similar basis. Otherwise, the index variations will not reflect the

indices ne reflèteront pas les changements d'abondance perçus mais plutôt les changements dans les techniques ou les stratégies de pêche utilisées.

changes in the abundance, but rather the changes in fishing techniques or strategies.

Un autre facteur important en faveur de l'utilisation d'une PUE standardisée dans l'évaluation de ces stocks provient du fait que la durée d'immersion des casiers n'est pas prise en compte lors du calcul de l'indice de PUE actuel. Théoriquement, la capture d'un casier augmente avec le temps d'immersion (Bailey *et al.*, 1983; Boutillier, 1986; Dufour, 1984; Estrella *et al.*, 1989; Smith *et al.*, 1989; Somerton *et al.*, 1986; Zhou *et al.*, 1997; Hébert *et al.*, 1999). Comme la durée moyenne annuelle de l'immersion est variable, ce paramètre devrait donc être tenu en compte dans le calcul de l'indice standardisé de PUE.

Another significant factor in favour of the use of a standardized CPUE for the assessment of these stocks is that the trap soak time is not taken into account in the calculation of the current CPUE index. Theoretically, the number of catches with a trap increases with soak time (Bailey *et al.*, 1983; Boutillier, 1986; Dufour, 1984; Estrella *et al.*, 1989; Smith *et al.*, 1989; Somerton *et al.*, 1986; Zhou *et al.*, 1997; Hébert *et al.*, 1999). As the annual average soak time is variable, this parameter should thus be taken into account in the calculation of the standardized CPUE index.

Dans ce document, la méthodologie pour calculer un indice de prise par unité d'effort annuel standardisé à partir des captures faites avec les casiers de type conique 6' et japonais 4' est présentée pour les cinq stocks traditionnels de crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent (zone 13 à 17). Le type et la durée d'immersion des casiers ainsi que la période de l'année où se déroule la pêche dans une zone donnée seront considérés dans les calculs. Étant donné que chacune des zones de pêche est gérée individuellement, un indice sera calculé séparément pour chacune des zones traditionnelles. Le présent document vise à décrire la méthodologie de standardisation des PUE qui sera appliquée lors de l'évaluation de l'état des stocks de crabe des neiges.

This document exposes the methodology involved in the calculation of a standardized index of catch per unit of annual effort from the catches made with 6' conical type and 4' Japanese traps for the five traditional snow crab stocks of the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence (area 13 to 17). The type of traps and soak time as well as the period of the year the fishery occurs in a given area will be considered in the calculations. Since each fishery area is individually managed, an index will be separately calculated for each traditional area. The goal of this document is to describe the CPUE standardization methodology that will be employed to assess the snow crab stock status.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données utilisées pour le calcul des PUE commerciales proviennent des statistiques de pêche, soit les journaux de bord des pêcheurs et les bordereaux d'achat des entreprises de transformation. Ces données sont saisies et regroupées dans des fichiers ZIFF (Zonal Interchange File Format) pour les fins d'analyse. Dans ces fichiers, on retrouve l'information concernant chacune des activités de pêche, soit l'identification du bateau de pêche, les dates de départ et de retour au port de débarquement, la zone, la position géographique ou le quadrilatère de pêche, le type et la quantité de casiers utilisés, et le poids de la capture. Cependant, la durée d'immersion des casiers n'est pas saisie puisqu'elle n'est pas inscrite directement dans les journaux de bord. La durée d'immersion des casiers est donc déduite indirectement à partir des dates de débarquement des captures.

Pour les besoins de l'analyse, la durée d'immersion a été définie comme la période qui sépare deux débarquements successifs d'un pêcheur pour un même type de casier. Si on rencontre plusieurs activités pour un même engin de pêche à une même date, on distingue les enregistrements les uns des autres à l'aide du quadrilatère et/ou de la zone de pêche et/ou de la position géographique indiqués. La durée d'immersion pour ces activités se calcule à partir de la journée de pêche précédente. Certaines données de pêche ont donc été ignorées lorsque la durée d'immersion n'a pu être estimée. On a également ignoré les données se rapportant à la première activité de pêche de l'année qui sert généralement à l'entraînement des équipages.

MATERIAL AND METHODS

The data used to calculate commercial CPUEs are drawn from fishery statistics, i.e. fishermen log books and purchase ships of processing companies. These data are captured and grouped in ZIFF (Zonal Interchange File Format) files for analysis purpose. In these files, information concerning each fishing activity is found (fishing vessel identification, departure from and return dates to the port of landing, area, geographical position or fishing quadrant, type and number of traps used, and weight of the catches). However, the trap soak time cannot be directly entered as it is not directly recorded in the log books. The trap soak time is thus indirectly derived from the capture landing dates.

For the needs of the analysis, soak time was defined as the period that separates two successive landings of a fisherman for the same type of traps. If there are several activities for the same fishing gear on the same date, the recordings are differentiated using the quadrant, and/or the fishing area, and/or the geographical position indicated. The soak time for these activities is calculated as of the preceding fishing day. Certain data on fishery were thus ignored when the soak time could not be estimated. The data referring to the first fishing activity of the year were also ignored, as this day is generally used for crew training.

Jusqu'à présent, le calcul de la prise par unité d'effort annuelle moyenne dans une zone était le quotient de la somme des captures sur la somme des efforts (Dufour *et al.* 2003).

$$PUE = \frac{\sum_i pc_i}{\sum_i nc_i} \qquad (1)$$

où pc_i est le poids capturé (kg) et nc_i, le nombre de casier durant la *i* ème activité de l'année.

Correction pour la durée d'immersion

Comme la durée d'immersion exerce un effet positif sur la PUE particulièrement dans les premiers jours, on corrigera celle-ci en ramenant toutes les PUE à un standard de 1 jour de durée d'immersion. Pour se faire, on ajuste un modèle à la relation entre les PUE moyennes calculées pour une durée d'immersion en fonction cette durée d'immersion. La courbe exponentielle est généralement utilisée dans ce sens (équation 2), étant donné que la capture augmente rapidement durant les premiers jours d'immersion et suivie d'une stabilisation de celle-ci à cause de la saturation de l'engin ou de la diminution de l'efficacité attractive de l'appât ou d'une déplétion locale de l'abondance.

$$PUE = a * (1 - \exp(-b * t)) \qquad (2)$$

où *a* et *b* sont les coefficients à estimer, et *t* représente la durée d'immersion en jour. À une durée d'immersion = 0, la PUE = 0.

Nous proposons ici une modification à l'équation 2, soit l'ajout d'une ordonnée à l'origine (constante) positive afin de mieux refléter la forme de la relation entre 0 et 1

Until now, the calculation of the catch per average annual unit of effort in an area was the quotient of the sum of the captures over the sum of the efforts (Dufour *et al.*, 2003).

$$CPUE = \frac{\sum_i cw_i}{\sum_i nt_i} \qquad (1)$$

where cw_i is the captured weight (kg) and nt_i, the number of traps during the i^{th} activity of the year.

Correction for soak time

As soak time has a positive impact on CPUE, particularly in the first days, CPUEs are corrected by bringing back CPUEs to a standard soak time of 1 day. To do so, a model is adjusted according to the relation existing between the average CPUEs calculated for a given soak time and this 1 day soak time. The exponential curve is generally used in this manner (equation 2), since the catches quickly increase during the first days of soaking, and then stabilizes due to gear saturation, to a reduction in the gravitational effectiveness of the bait, or to a local depletion of abundance.

$$CPUE = a * (1 - \exp(-b * t)) \qquad (2)$$

where *a* and *b* are the coefficients to be estimated, and *t* represents the soak time in days. With a soak time = 0, CPUE = 0.

We propose here a modification to equation 2, i.e. the addition of an initially positive ordinate (constant) in order to better reflect the form of the relation

jour d'immersion que nous ne connaissons pas précisément.

$$PUE = a + b * (1 - \exp(-c * t)) \quad (3)$$

où *a*, *b* et *c* sont les coefficients à estimer, et $a \geq 0$.

Une courbe exponentielle est ajustée pour chacune des combinaisons zone de gestion, type de casier et année. Le pouvoir de pêche relatif (*P*) à chaque durée d'immersion est estimé par la formule suivante :

$$P_t = PUE_t / PUE_1 \quad (4)$$

où P_i est le pouvoir de pêche pour une durée d'immersion donnée *i*, PUE_i et PUE_1 sont les valeurs estimées à partir de la courbe exponentielle pour une durée d'immersion de *i* et de 1 jour.

Avec le pouvoir de pêche ainsi calculé, le nombre de casiers *nc*, soit l'effort de pêche total, a été corrigé comme suit :

$$f_t = P_t * nc_t \quad (5)$$

où f_i est l'effort de pêche corrigé pour la durée d'immersion.

Enfin, la PUE corrigée pour la durée d'immersion pour chacune des combinaisons zone de gestion, type de casier et année se calcule comme suit :

$$PUE = \frac{\sum_t pc_t}{\sum_t f_t} \quad (6)$$

où *pc* est le poids capturé et *f* l'effort corrigé (nombre de casiers) pour l'activité *i* de l'année.

between 0 and 1 day of soaking, which we do not know precisely.

$$CPUE = a + b * (1 - \exp(-c * t)) \quad (3)$$

where *a*, *b* and *c* are the coefficients to be estimated, and $a \geq 0$.

An exponential curve is adjusted for each combination of management area, type of trap, and year. The fishing capacity (*C*) relating to each soak time is estimated using the following formula:

$$C_t = CPUE_t / CPUE_1 \quad (4)$$

where C_i is the fishing capacity for a given soak time *i*, and PUE_i and PUE_1 are the values estimated based on the exponential curve for a soak time of *i* and of 1 day.

With this calculation of the fishing capacity, the number of traps *nt*, i.e. the total fishing effort, was corrected as follows:

$$f_t = C_t * nt_t \quad (5)$$

where f_i is the fishing effort corrected for soak time.

Finally, the CPUE corrected for soak time and for each one of the mixed factors management area, trap type and year are calculated as :

$$CPUE = \frac{\sum_t cw_t}{\sum_t f_t} \quad (6)$$

where *cw* is the catches weight, and *f* the effort corrected (number of traps) for the activity *i* of the year.

Correction pour le type de casier et la période de l'année

Comme l'indice de PUE servira à l'évaluation de l'état de ces stocks à long terme, il devra être comparable entre les années. Donc on doit trouver une façon de combiner les indices des différents types de casiers. Avec le temps, on pourra assister à des modifications dans la pratique de pêche, comme ça été le cas jusqu'à maintenant. Des ajustements doivent donc être apportés afin de standardiser les PUE entre les années. Gavaris (1980) décrit une méthode pour calculer un indice d'abondance standardisé des PUE, basée sur un modèle multiplicatif développé par Robson (1966). Deux modèles peuvent être utilisés :

Modèle 1 :

$$\ln PUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \varepsilon_{ijkl} \quad (7)$$

Modèle 2 :

$$\ln PUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \text{int.} + \varepsilon_{ijkl} \quad (8)$$

où PUE_{ijkl} = PUE de la $l^{ième}$ activité de pêche corrigée pour la durée d'immersion, u = *PUE* moyenne, A_i = effet du $i^{ème}$ niveau du facteur année, E_j = effet du $j^{ème}$ niveau du facteur type d'engin, M_k = effet du $k^{ème}$ niveau du facteur mois de l'année et ε_{ijkl}= résidu normalement distribué.

Gavaris (1980) a choisi de traiter seulement des effets principaux et suppose qu'il n'y a pas d'interaction entre l'année et les autres facteurs. Il faut comprendre qu'en présence d'une interaction significative entre les effets de l'année et d'un autre facteur, la comparaison de la PUE d'une année à l'autre ne reflète pas seulement les

Correction for the type of trap and the period of the year

As the index of CPUE will be used for the assessment of the long-term status of these stocks, it needs to be comparable from year to year. It is thus necessary to find a way of combining indices for the various types of trap. Over time, changes in the fishing practices will be made, as it has been the case until now. Adjustments must thus be made in order to standardize the CPUEs from year to year. Gavaris (1980) described a method to calculate a CPUE standardized abundance index based on a multiplicative model developed by Robson (1966). Two models can be used:

Model 1:

$$\ln CPUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \varepsilon_{ijkl} \quad (7)$$

Model 2:

$$\ln CPUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \text{int.} + \varepsilon_{ijkl} \quad (8)$$

where $CPUE_{ijkl}$ = CPUE of the l^{th} fishing activity corrected for soak time, u = average C*PUE*, A_i = effect of the i^{th} level of the year factor, E_j = effect of the j^{th} level of the gear-type factor, M_k = effect of the k^{th} level of the month-of-the-year factor, and ε_{ijkl}= normally distributed residual.

Gavaris (1980) chose to only address the main impacts, and supposes that there is no interaction between the year factor and the other factors. It should be noted that in the presence of a significant interaction between the impacts of the year factor and another factor, the comparison of CPUEs from one year to

variations d'abondance (Large, 1992). En utilisant le modèle sans interaction, on veut isoler l'effet annuel en assumant que c'est directement proportionnel à l'abondance.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les débarquements intra et inter zones de crabe des neiges fluctuent annuellement en fonction de plusieurs facteurs en rapport avec l'abondance et la gestion de ces stocks (Tableau 1). On assiste depuis 1994, à l'introduction progressive d'un nouveau type de casier, le conique 6', dans la pêche au crabe des neiges de l'estuaire et du nord du Golfe. Cette introduction s'est faite plus rapidement dans les zones 16 et 17 où 1,4 % et 22,1 % des débarquements provenaient de ce nouveau type de casier en 1994, comparativement à 71,6 % et 63,6 % respectivement en 2002. Le casier conique 6' est encore peu utilisé dans l'Est du territoire (zones 15, 14 et 13) où près de 80 % des débarquements proviennent toujours des casiers japonais 4' en 2002, c'est pour cette raison que seulement les casiers japonais sont utilisés dans le calcul des indices de PUE. Pour certaines zones et années, des débarquements importants sont faits par des casiers de d'autres catégories, ces débarquements ne sont pas inclus dans les calculs de PUE parce que ce ne sont pas des casiers japonais ou conique ou que sur le journal de bord, le type de casier n'a pas été saisie ou que le débarquement provient d'un mélange de plusieurs types de casiers dont nous ne connaissons pas la représentativité.

La durée d'immersion moyenne annuelle des casiers fluctue également à l'intérieur des zones (Figure 2). Ces fluctuations reflètent généralement les changements de

another does not reflect the variations of abundance only (Broad, 1992). By using the model without interaction, it is possible to isolate the annual impact by assuming this is directly proportional to abundance.

RESULTS AND DISCUSSION

The intra and inter area snow crab landings fluctuate annually according to several factors in connection with the abundance and the management of these stocks (Table 1). Since 1994, a new type of trap (6' conical trap) has been gradually introduced in the snow crab fishery in the Estuary and the northern Gulf. This introduction occurred more quickly in areas 16 and 17, where 1.4% and 22.1% of the landings came from this new type of trap in 1994, compared to 71.6% and 63.6% respectively in 2002. The 6' conical trap remains little used in the east part of the territory (areas 15, 14, and 13), where nearly 80% of landings were still attributed to 4' Japanese traps in 2002, and it is for this reason that only Japanese traps were used in the calculation of the CPUE indices. For some areas and years, significant landings are made with traps of different categories, but these landings are not included in calculations of CPUEs because they are not attributed to Japanese or conical traps, or because the type of trap was not identified in the log book, or because the landings correspond to a mixture of several types of traps of which the proportion is unknown.

The annual average soak time of traps also fluctuates inside areas (Figure 2). These fluctuations generally reflect changes in fishing strategy, or more or

stratégie de pêche ou encore, les conditions météorologiques plus ou moins clémentes durant la saison. On remarque une certaine uniformité dans les patrons annuels de fluctuations depuis le début des années 1990 dans l'Ouest (zones 17 et 16) alors que les zones plus à l'Est, particulièrement les zones 15 et 14, présentent des patrons de fluctuations plus marqués depuis le début de la pêche.

Les changements dans la période de pêche se sont faits progressivement dans l'Est alors que deux périodes distinctes sont perçues dans l'Ouest (Figure 3). Les changements de saison de pêche ont été graduels dans les zones 13 et 14 passant d'une pêche automnale (septembre-octobre) en 1984 à une pêche estivale (juillet-août) au début des années 2000, le départ des glaces étant le facteur principal déclenchant le début de la pêche dans ces zones. Le passage d'une pêche automnale à une pêche estivale s'est effectué en 2 étapes pour les zones 16 et 17. Jusqu'en 1989, la saison de pêche ne se terminait qu'à l'automne (mi-octobre) dans la zone 16, et ce n'est qu'à partir de 1990 qu'elle a été restreinte pour se terminer en été (juin-juillet). Le changement de saison vers une fin de pêche plus hâtive s'est fait plus rapidement dans la zone 17 où dès 1986, 85 % des débarquements étaient effectués à la mi-juin. Ce sont plutôt des facteurs en rapport avec la biologie et la gestion de ces stocks qui ont été les éléments déclenchant cette fois. La zone 15, mitoyenne entre l'Est et l'Ouest, semble avoir été influencée à la fois par les facteurs climatiques et biologiques-pêche puisque la saison de pêche semble avoir complété une boucle complète automne-été-automne avant de se terminer à l'été (mi-juillet) depuis le milieu des années 1990. On peut donc constater qu'il y a eu des variations importantes dans la période de l'année où

less favourable weather conditions during the season. Some uniformity has been noted in the annual fluctuation patterns since the beginning of the 1990s in the west (areas 17 and 16), whereas areas more to the east, particularly areas 15 and 14, have shown more marked fluctuation patterns since the beginning of this fishery.

Changes in the fishing period occurred gradually in the east, whereas two distinct periods are observed in the west (Figure 3). The changes were gradual in areas 13 and 14, shifting from a fall fishery (September-October) in 1984 to a summer fishery (July-August) at the beginning of the 2000s, the ice run being the main triggering factor in these areas. The shift from a fall fishery to a summer fishery proceeded in 2 stages in areas 16 and 17. Until 1989, the fishery season only ended in the fall (mid-October) in area 16, and it is only since 1990 that the season finishes in the summer (June-July). The shift towards an earlier fishery end date occurred more quickly in area 17, where since 1986, 85% of landings were carried out by the mid-June. In this case, the triggering factors were rather in connection with the biology and the management of these stocks. Area 15, coincident with the east and the west, seems to have been influenced by both climatic and biologics-fishery factors, as the fishery season seems to have made a complete fall-summer-fall cycle before finishing in the summer (mid-July) as of the middle of the 1990s. Since the beginning of this fishery, significant variations occurred in the period of the year in which fishery activities take place.

les activités de pêche sont réalisées depuis le début de cette pêche.

L'utilisation d'une courbe exponentielle afin de corriger la PUE pour des temps d'immersion supérieurs à 1 jour a permis un bon ajustement des données, particulièrement en utilisant l'équation 3 comprenant une ordonnée à l'origine différente de 0 (Figure 4). Dans quelques cas, on n'a pas noté de différence significative entre les types d'ajustement, mais en présence d'une différence, l'utilisation de l'équation 3 ajustait mieux les données. En moyenne, la variation totale expliquée par l'équation 2 (R^2) est de 35.68 % et de 38.89 % pour l'équation 3. Nous trouvons important d'ajouter une ordonnée à l'origine différente de 0 dans l'équation d'ajustement puisque la forme de la courbe pendant la première journée de pêche n'est pas connue précisément. Théoriquement, il est vrai qu'à t = 0, la capture est de 0, mais contraindre le modèle à passer par (PUE=0, temps d'immersion=0), biaise le reste de la série et ne permet pas un calcul précis de la PUE de référence à 1 jour. L'équation 2, avec ordonnée à l'origine=0, a tendance à la sous-estimer créant une inflation de l'effort et donc un biais négatif de la PUE à 1 jour. Il est important de bien estimer la PUE à 1 jour, car celle-ci sert de référence pour la correction des efforts. Pour les temps d'immersion plus élevés, l'ajustement des deux équations est comparable. Les courbes dérivées des équations montrent que les PUE augmentent avec le temps pour atteindre un plateau. Le plateau pourrait s'expliquer par une saturation du casier et/ou par la diminution de l'efficacité attractive de l'appât et/ou par une déplétion locale de la densité de crabe.

The use of an exponential curve to correct CPUE for soak times longer than 1 day allowed a good adjustment of the data, particularly when using equation 3 with an ordinate initially different from 0 (Figure 4). In some instances, no significant difference was noted between the types of adjustment, but when a difference existed, the use of equation 3 gave a better data adjustment. On average, the total variation explained by equation 2 (R^2) and equation 3 is 35.68% and 38.89%, respectively. It is important to add an ordinate initially different from 0 in the adjustment equation as the shape of the curve during the first fishing day is not precisely known. Theoretically, it is true that with T = 0, the catch is 0, but forcing the model to pass by (CPUE = 0, soak time = 0) introduces a bias into the remainder of the series and does not allow an accurate calculation of the reference CPUE at 1 day. Equation 2, with ordinate initially = 0, tends to underestimate it, creating an inflation of the effort and thus a negative bias of CPUE at 1 day. It is important to correctly estimate CPUE at 1 day, as it is used as a reference for effort correction. For the longer soak times, the adjustment of the two equations is comparable. The curves derived from the equations show that CPUEs increase over time, before levelling off. This could be explained by a saturation of traps, and/or the reduction in the gravitational effectiveness of the bait, and/or by a local depletion of the density of crab.

Dans le modèle multiplicatif, les interactions année, mois et engin ont été testées pour l'ensemble des zones et celles entre le facteur année et les autres facteurs sont significatives (alpha=0,05) pour tous les modèles. (Tableau 2). Cela signifie que la comparaison interannuelle des facteurs principaux n'est pas possible. Cependant, étant donné que le but de l'exercice n'est pas de vérifier l'effet de certains facteurs sur la variable principale PUE, mais plutôt de faire une prédiction à chacune des années, et comme ces interactions ne contribuent pas significativement à l'explication de la variance des données de PUE dans chacune des zones (Tableau 3), nous les avons éliminées du modèle. La variance expliquée par ces modèles (R^2) n'augmente que d'environ 5% lorsque le modèle complet, incluant les interactions, est considéré. L'année est la variable qui contribue le plus à l'explication des variations de PUE dans la série (Tableau 2), suivi du facteur engin de pêche (pour les zones 16 et 17) et du mois de l'année.

In the multiplicative model, the interactions between years, months and gears were tested for all the areas, and those between the year factor and the other factors are significant (alpha = 0.05) for all the models (Table 2). So, it is impossible to make an interannual comparison of the main factors. However, as this exercise goal is not to verify the impact of some factors on the CPUE basic variable, but rather to make a prediction for each year, and as these interactions do not contribute significantly to the explanation of the variance of CPUE data in each area (Table 3), we eliminated them from the model. The variance explained by these models (R^2) increases only by approximately 5% when the complete model, including the interactions, is considered. The year is the variable contributing the most to the explanation of CPUE variations in the series (Table 2), followed by the fishing-gear factor (for areas 16 and 17), and by the month-of-the-year factor.

Les PUE corrigées pour la durée d'immersion sont inférieures à celles non corrigés à cause de l'augmentation de l'effort dû à la correction pour la durée d'immersion et que les captures sont les mêmes pour les deux indices (Figure 5). Cependant, cette diminution n'est pas constante dans le temps et entre les zones, ceci s'explique par le fait que la durée d'immersion varie dans le temps et que la relation entre la PUE et la durée d'immersion n'est pas la même d'une année à l'autre. L'indice de PUE standardisé est centré sur la valeur 1 étant donné que l'échelle des PUE varie selon ce standard (mois, engin). Mais, étant donné que les interactions entre les variables du modèle ont été exclues, les tendances de l'indice de PUE sont les mêmes indépendamment du standard que l'on choisit pour la zone.

CPUEs corrected for soak time are lower than those that are not corrected because of the increase in effort due to the correction for soak time, and because the catches are the same for both indices (Figure 5). However, this reduction is not constant over time and between the areas, which is explained by the variation of the soak time over time and by the relation between CPUEs and soak time, which is not the same year after year. The standardized CPUE index is based on value 1 since the CPUE scale varies according to this standard (month, gear). But, as the interactions between the variables of the model were excluded, the trends of the CPUE index are the same, whatever the standard selected for the area. Thus, in practice, we divide the CPUE of a given area by the average of

Ainsi, en pratique, nous divisons la PUE d'une zone donnée par la moyenne de la série pour la normaliser pour toutes les années, sans altérer les tendances générales du modèle. En général, les tendances entre l'indice corrigé pour la durée d'immersion et l'indice standardisé du modèle multiplicatif sont comparables.

the series to standardize it for every year, without altering the general trends of the model. Generally, trends between the corrected soak time index and the standardized index of the multiplicative model are comparable.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent l'importance de standardiser les PUE commerciales avant leur utilisation comme indice d'abondance. Étant donné la variabilité inhérente à l'utilisation de ce type d'indice en évaluation des populations, un indice de PUE représentatif des variations d'abondance du crabe des neiges dans une zone donnée devrait tenir compte de tous les facteurs susceptibles de l'influencer et de fausser son interprétation. Les facteurs reliés aux activités de pêche tels que la durée d'immersion des casiers, la période et la durée de l'activité de pêche, et les changements d'engin de pêche à long terme se sont avérés importants pour expliquer les variations de PUE dans le temps pour chacune des zones.

CONCLUSION

The results of this study show how important it is to standardize commercial CPUEs before using them as indices of abundance. Given the variability associated with the use of this type of index in population assessments, a CPUE index representative of the variations in abundance of snow crab in a given area should take account of all the factors likely to influence it and to distort its interpretation. Factors in connection with fishing activities, such as trap soak time, period and duration of the fishing activity, and long-term changes in fishing gear proved to be important in explaining the CPUE variations over time for each area.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Jean-Paul Dallaire pour son aide à la préparation des fichiers ZIFF. De plus, nous remercions également Dominique Gascon et Louise Savard pour la révision du document.

ACKNOWLEDGEMENTS

We want to express our thanks to Jean-Paul Dallaire for his assistance in the preparation of ZIFF files. We also thank Dominique Gascon and Louise Savard for the revision of this document.

RÉFÉRENCE / *REFERENCES*

Bailey, R. et R. Dufour, 1983. Comparaison des rendements de crabe des neiges obtenus par deux types de casiers différents. CSCPCA, Document de recherche no. 84/1. 14 p.

Boutillier, J.A., 1986. Fishing effort standardization in the British Columbia prawn (*Pandalus platyceros*) trap fishery. *In.* G.S. Jamieson and N. Bourne [ed.], North Pacific Workshop on stock assessment and management of invertebrates. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92. pp. 176-181

Dufour, R., 1984. Rendements comparatifs et sélectivité de trois types de casiers à crabes des neiges. CSCPCA, Document de recherche no. 84/1. 24 p.

Dufour, R., J.-P. Dallaire, 2003. Le crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent : État des populations de 1999 à 2001. SCCS, Document de recherche, no. 2003/048. 60 p.

Estrella, B.T. et D.J. McKiernan, 1989. Catch-per-unit-effort and biological parameters from the Massachusetts coastal lobster (*Homarus americanus*) ressource : description and trends. NOAA Technical Report NMFS 81, 21 p.

Gavaris, S., 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37 :2272-2275.

Hébert, M., E. Wade, P. DeGrâce, A. Hébert, M. Biron, et M. Moriyasu, 1999. Évaluation du stock de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zone 12-25/26, 18, 19, E et F) pour l'année 1998. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks, Document de recherche no. 99/11. 69 p.

Large, P.A., 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. ICES J. mar. Sci., 49 : 253-261.

Robson, D.S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICNAF Res. Bull., 3 : 5-14.

Somerton, D.A., et M.F. Merrit, 1986. Method of adjusting crab catch per pot for differnces in soak time and its application to Alaskan tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) catches. North American Journal of Fisheries Management 6 :586-591.

Smith B.D. et G.S. Jamieson, 1989. A model for standardizing Dungeness crab (*Cancer magister*) catch rates among traps which experienced different soak times. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46 : 1600-1608.

Zhou, S. et T.C. Shirley, 1997. A model expressing the relationship between catch and soak time for trap fisheries. North American Journal of Fisheries Management 17 : 482-487.

Tableau 1. Débarquements annuels (t) provenant des différents types de casiers utilisés dans chacune des zones (engin 66 =Japonais 4', 68 = conique 6', 99 = autres).

Table 1. Annual landings (t) for the various types of traps used in each area (gear 66 = 4' Japanese, 68 = 6' conical, 99 = others).

Zone / Area	13			14			15			16			17		
Engin / Gear	66	68	99	66	68	99	66	68	99	66	68	99	66	68	99
1983										191		553	250		734
1984	1109		11	259		2	28		58	984		1700	409		1248
1985	1806		25	571		3	103		7	1825		632	510		585
1986	1674		14	565		15	101			2127		172	449		283
1987	1460		140	594		29	114		1	1655		206	642		463
1988	595		69	284		32	67		4	1499		161	852		314
1989	40		3	109		22				1383		140	732		69
1990	150		7	157		7	96		1	2663		510	772		88
1991	107		33	264		27	277		15	1925		511	1119		420
1992	49		0	356		28	224		3	2248		392	1095		188
1993	524		147	301		119	270		12	1991		668	987		324
1994	723		123	354		144	580		54	2548	50	962	1235	396	158
1995	815	0	39	461		104	590		4	2083	354	1082	1096	456	222
1996	1102	0	65	356	30	182	266	89	164	1275	1278	486	658	691	157
1997	752		144	265	7	241	130	117	235	959	1169	452	512	640	6
1998	802	3	49	321	10	200	257	62	142	695	1267	553	457	683	143
1999	835	25		462	67		303	137	5	967	1793	3	556	1131	79
2000	800	24	0	534	70		317	165		1364	2793	3	719	1392	21
2001	738	28		519	75	5	335	134		1255	2897	4	1061	1591	79
2002	451	11		405	27	152	295	98	26	1097	3265	198	926	1864	141

Tableau 2. Variance expliquée (R^2) dans le calcul de la PUE standardisée par les différents facteurs identifiés par le modèle pour les zones 13 à 17.

Table 2. Variance explained (R^2) in the calculation of standardized CPUE by the various factors identified by the model for areas 13 to 17.

Facteur / *Factor*	Zone 13 / *Area 13*	Zone 14 / *Area 14*	Zone 15 / *Area 15*	Zone 16 / *Area 16*	Zone 17 / *Area 17*
Année (A) / *Year (Y)*	0.429	0.380	0.627	0.309	0.263
Mois (M) / *Month (M)*	0.008	0.101	0.201	0.090	0.097
Engin (E) / *Gear (G)*				0.296	0.251
A M	0.481	0.438	0.663	0.338	0.329
A E				0.474	0.385
A M E				0.503	0.452

Tableau 3. Variance expliquée (R^2) dans le calcul de la PUE standardisée dans chacune des zones lorsque les modèles à effets principaux (année, mois, engin) et les modèles complets incluant les interactions sont utilisés.

Table 3. Variance explained (R^2) in the calculation of standardized CPUE for each area when the models with main impacts (year, month, gear) and the complete models, including the interactions, are used.

Zone / Area	Modèle avec les effets principaux* / *Model with main impacts*	Modèle complet** (effets principaux et interactions) / *Complete model (including the interaction)*
13	0.481	0.510
14	0.438	0.456
15	0.663	0.694
16	0.503	0.526
17	0.452	0.495

* : $\ln PUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \varepsilon_{ijkl}$

** : $\ln PUE_{ijkl} = \ln u + \ln A_i + \ln E_j + \ln M_k + \text{interactions} + \varepsilon_{ijkl}$

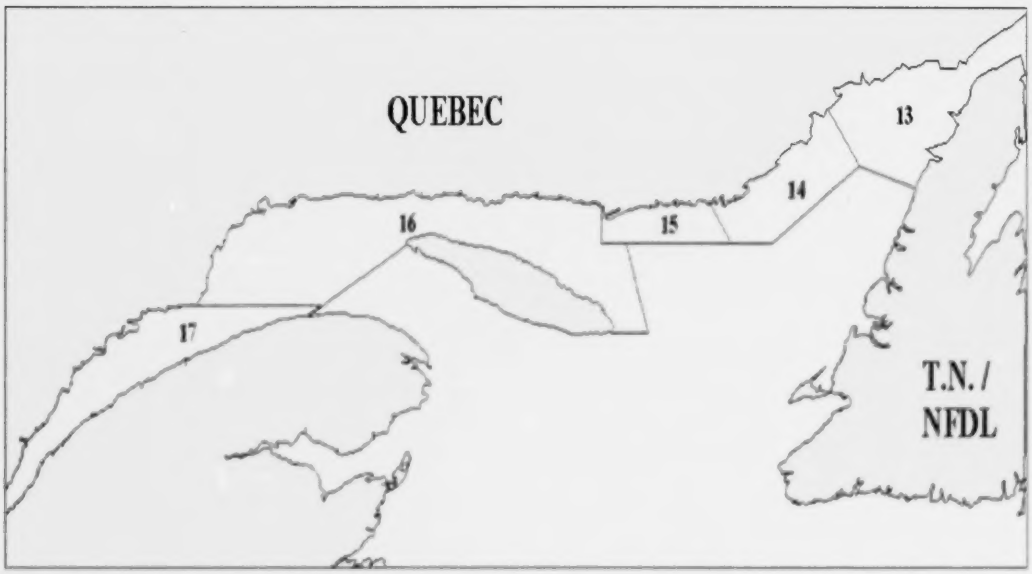

Figure 1. Zones traditionnelles de gestion (17 a 13) du crabe des neiges dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent.

Figure 1. Traditional management areas (17 to 13) of snow crab in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence.

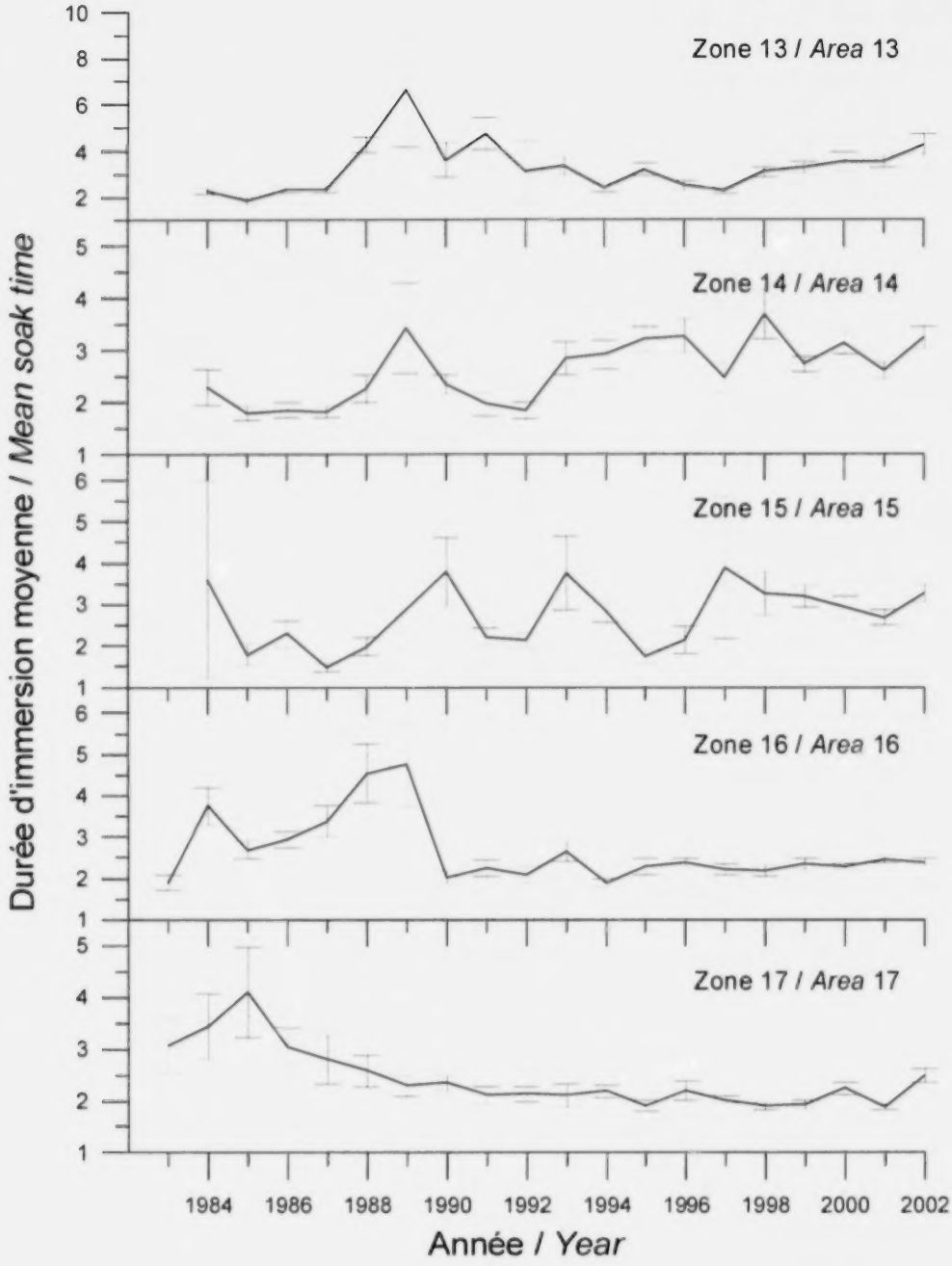

Figure 2. Durée d'immersion moyenne annuelle (+ ou – 1 écart-type) des casiers (japonais et conique 6') (en jour) pour chacune des zones de 1983 à 2002.

Figure 2. Annual average soak time (+or– 1 standard deviation) of traps (Japanese and 6' conical) (in days) for each area, from 1983 to 2002.

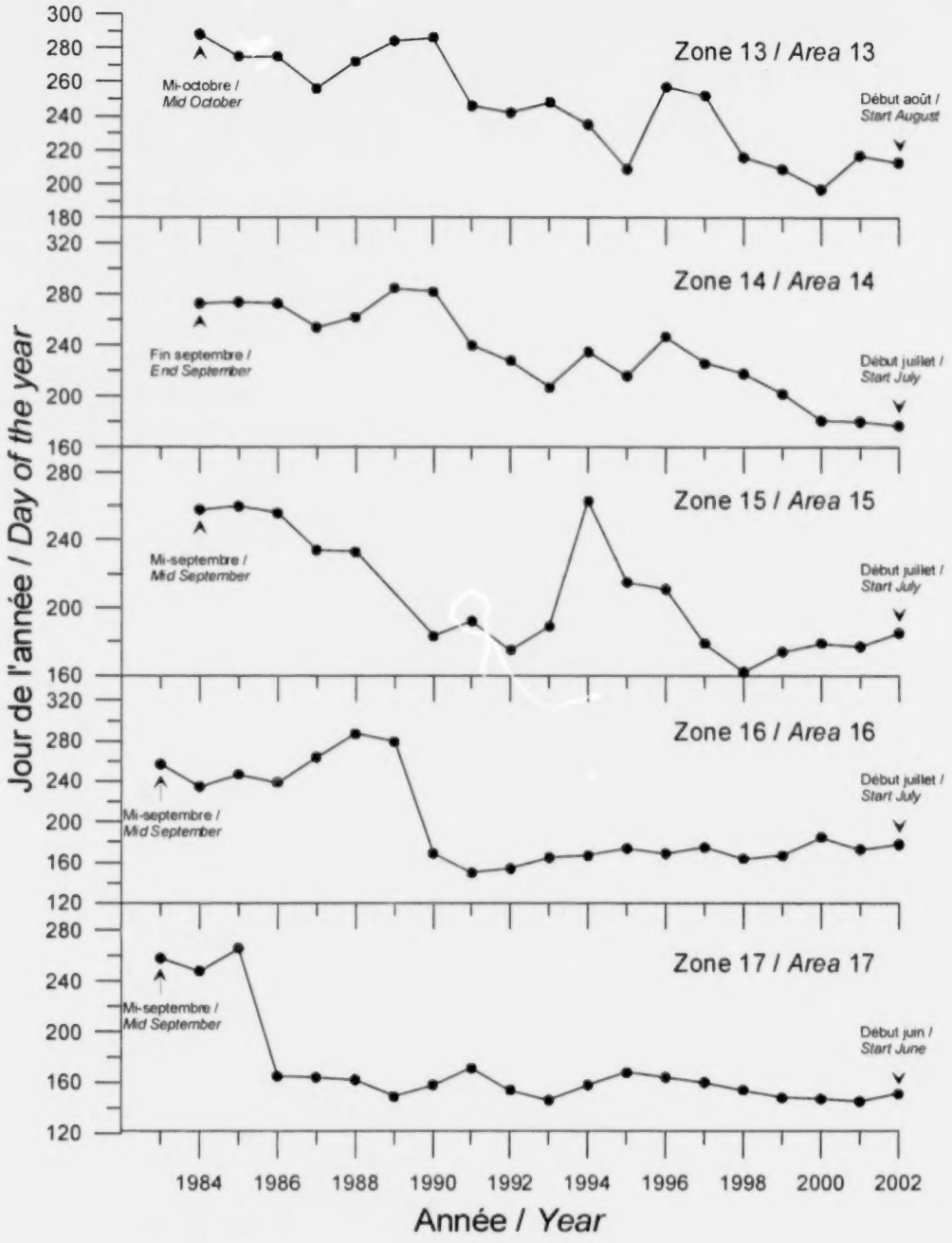

Figure 3. Jour de l'année où 85 % des débarquements annuels ont été atteints dans chacune des zones de 1983 a 2002.

Figure 3. Day of the year where 85% of the annual landings were completed in each area, from 1983 to 2002.

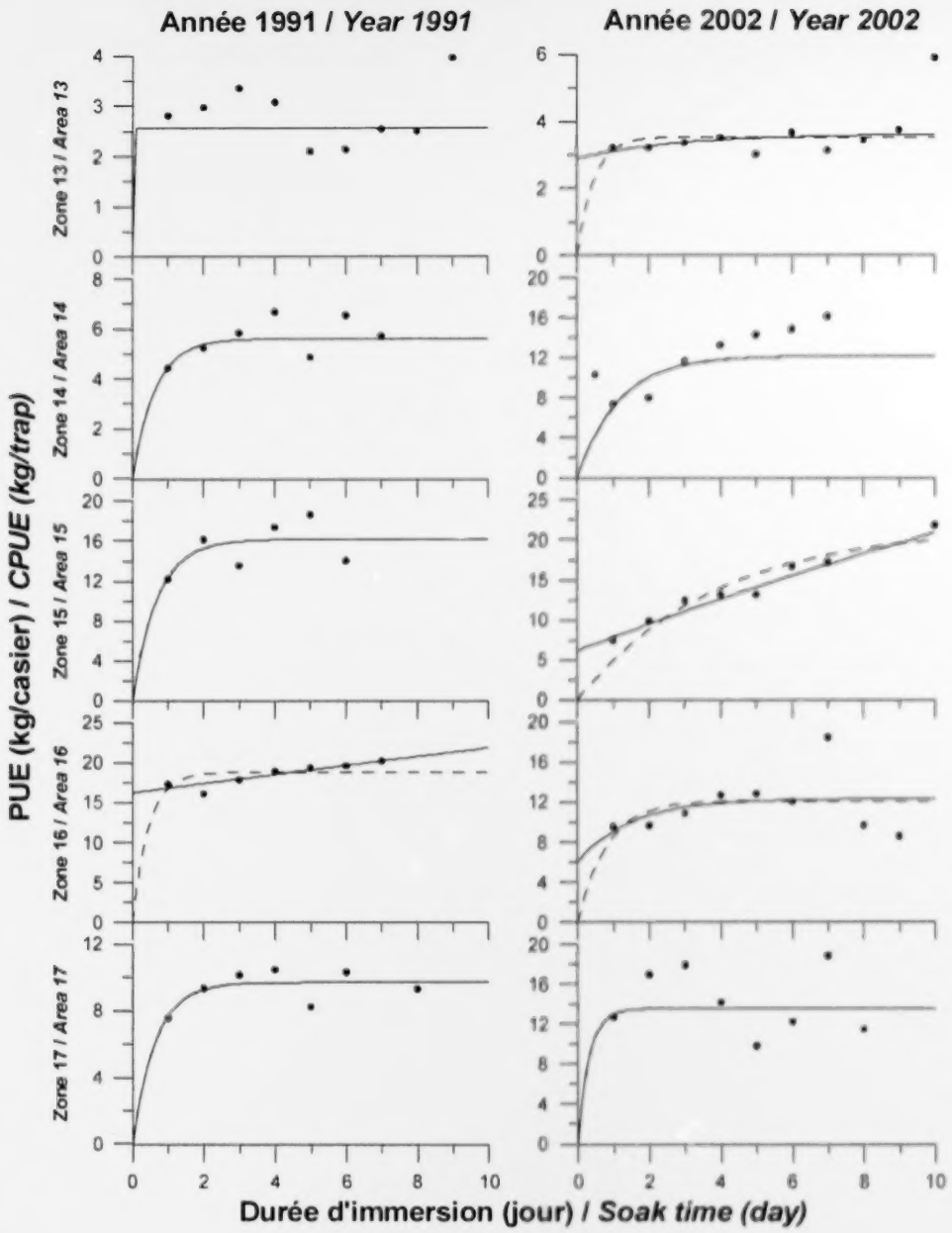

Figure 4. Fluctuations de la PUE en fonction de la durée d'immersion pour chacune des zones en 1998 et 2002 pour les casiers japonais (équation 2 = trait pointillé, équation 3 = trait plein).

Figure 4. Fluctuations of CPUE according to the soak time for each area, in 1998 and 2002, for the Japanese traps (equation 2 = dotted line, equation 3 = solid line).

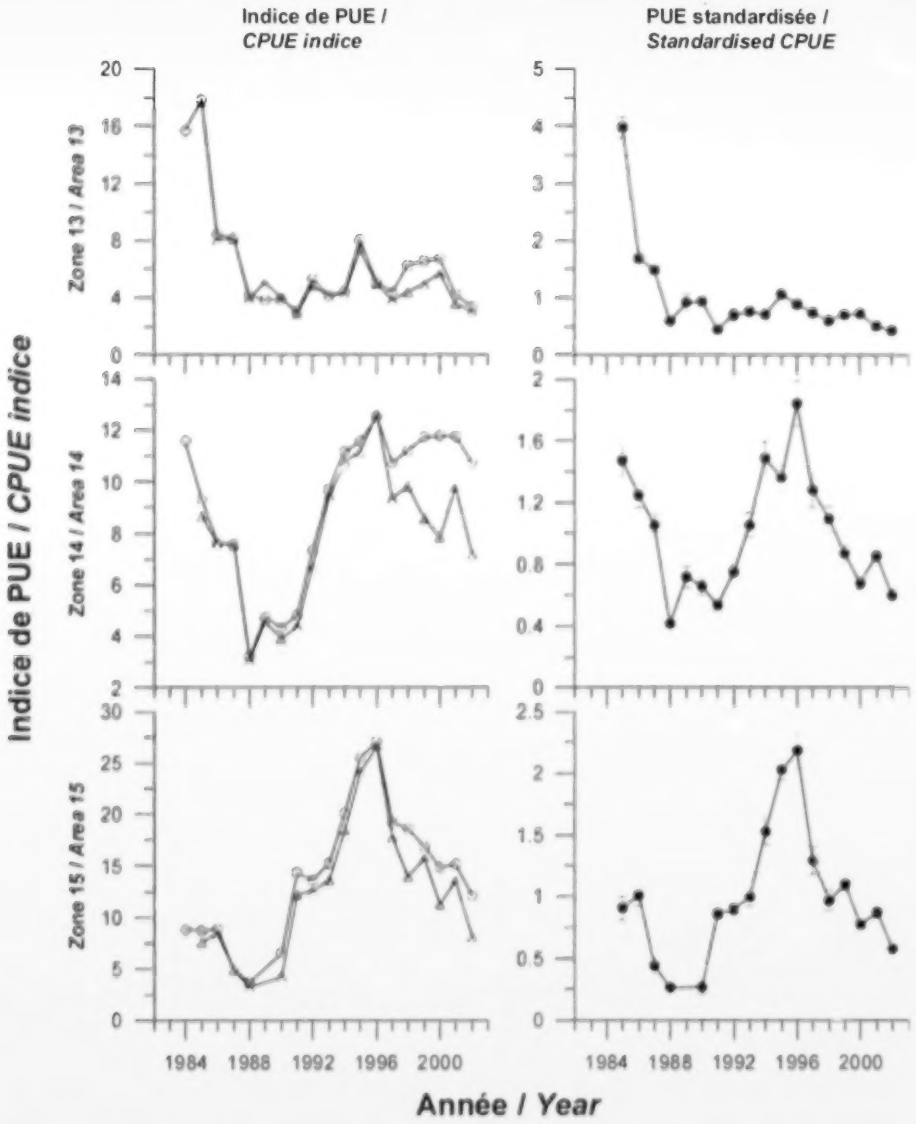

Figure 5. Fluctuations de la PUE brute, corrigée et standardisée (+ ou – 1 déviation standard) pour les zones 13 à 17 de 1983 à 2002. (PUE non corrigée (équation 1) = rond vide, PUE corrigée pour la durée d'immersion (équation 6) = triangle vide et PUE standardisée (équation7) = rond plein).

Figure 5. Fluctuations of raw CPUE, corrected and standardized (+or– 1 standard deviation) for areas 13 to 17, from 1983 to 2002 [not corrected CPUE (equation 1) = empty circle, CPUE corrected for soak time (equation 6) = empty triangle, and standardized CPUE (equation 7) = solid circle].

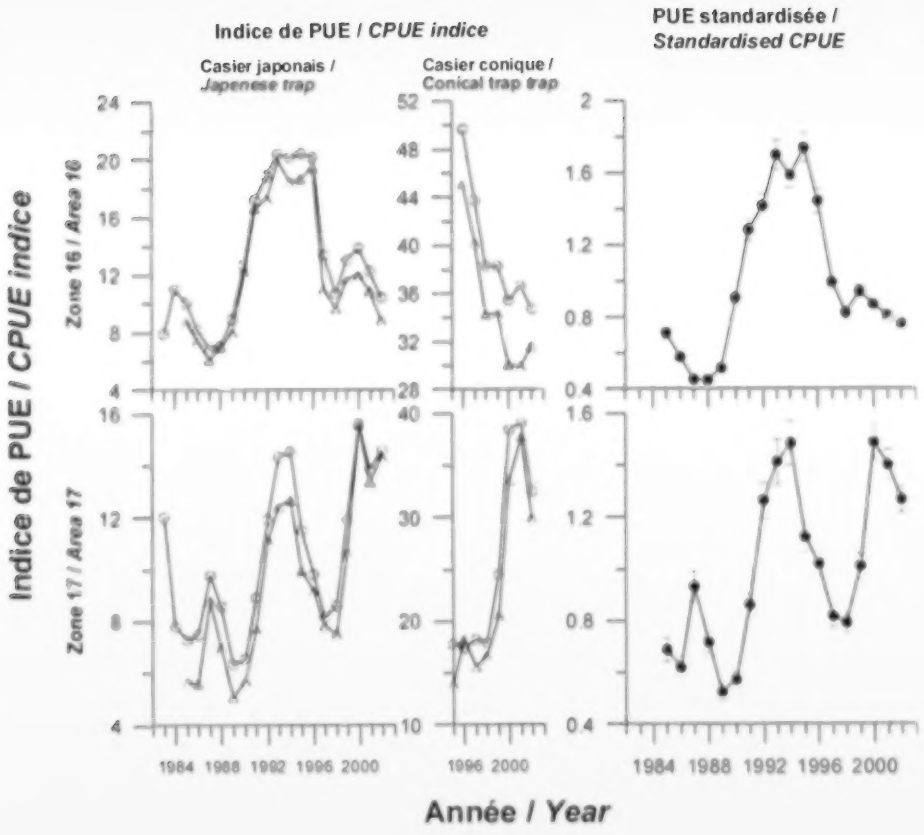

Figure 5 (suite).

Figure 5 (continued).